

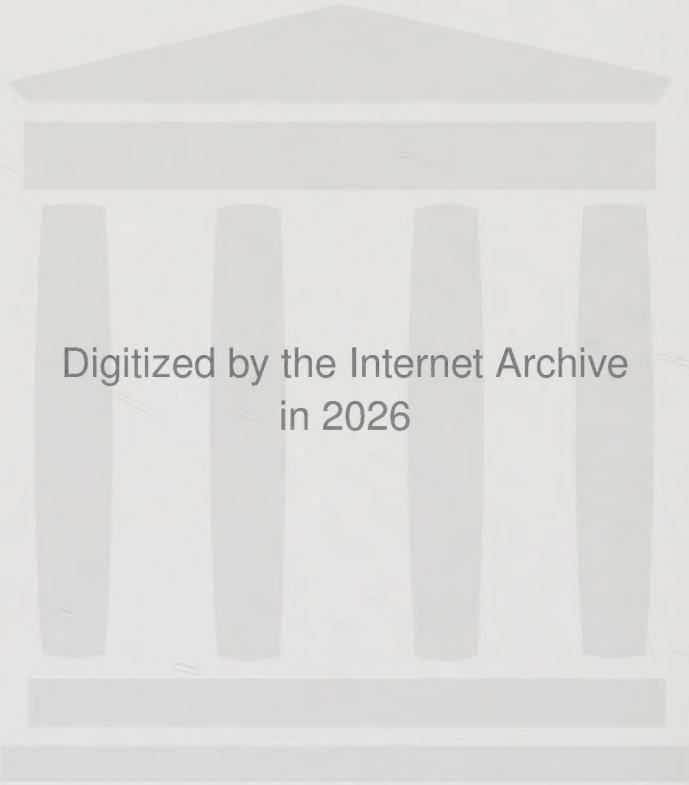
Aus der Kinderklinik der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. A. Windorfer)

ÜBERPRÜFUNG DER MESSGENAUIGKEITEN
BEI DER QUANTITATIVEN MINERALSALZBESTIMMUNG AM LEBENDEN SKELETT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Günther Sieber
aus Coburg

Erlangen 1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Kinderklinik der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. A. Windorfer)

ÜBERPRÜFUNG DER MESSGENAUIGKEITEN
BEI DER QUANTITATIVEN MINERALSALZBESTIMMUNG AM LEBENDEN SKELETT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Günther Sieber
aus Coburg

Erlangen 1973

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen.



Dekan: Professor Dr. Dr. H. Pauly
Referent: Priv.Do. Dr.med.W.Schuster
Korreferent: Professor Dr.med.A.Windorfer

Tag der mündlichen Prüfung: 20.2.1973

Meinen lieben Eltern

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung	1
Meßverfahren zur quantitativen Bestimmung des Mineralsalzgehaltes am Skelett	2
a) Filmmethoden	2
b) Isotopenmethoden	2
Definition des Maßsystems	6
Eigene Untersuchungen	6
1. Bestimmung des Knochenmineralsalzgehaltes durch Absorptionsmessung monochromatischer Strahlung	7
2. Chemisch-analytische Bestimmung des Knochenmineralsalzgehaltes	15
Zusammenfassung	40
Literatur	42

Einleitung

Die Pädiologie verfügt über eine Fülle von Daten über die verschiedensten biologischen Abläufe während der Kindheit, über die Knochenmineralisation sowie ihre Beziehungen zu anderen Parametern der Entwicklung, z.B. Körperlänge, Körpergewicht und Skelettreifung, liegen aber bisher keine Untersuchungen vor.

Außerdem interessiert den Pädiater die Frage, ob der Mineralgehalt eines Knochens vermindert ist oder nicht, und wie er sich im Verlauf einer Krankheit oder Behandlung verändert. Während die Rachitis oder Fibroosteoklasie infolge Hyperparathyreoidismus aufgrund charakteristischer Röntgenveränderungen und durch biochemische Untersuchungen leicht diagnostiziert werden können, sind Feststellung und Beurteilung der dritten demineralisierenden Osteopathie, der Osteoporose, sehr schwierig. Erst im fortgeschrittenen Stadium läßt sich die Osteoporose durch die gewöhnliche Betrachtung des Röntgenbildes mit Sicherheit diagnostizieren.

Im Gegensatz zum Erwachsenen, bei dem sich allmählich eine physiologische Knochendemineralisation abspielt, ist im Kindesalter eine Osteoporose immer pathologisch. Dank seiner Wachstumspotenz kann sich aber ein osteoporotisch gewordenes kindliches Skelett nach Abschluß des pathologischen Geschehens weitgehend restituieren.

Bekannte osteoporosefördernde Faktoren sind neben dem Altern die Immobilisierung, die Schwerelosigkeit, Protein- und Calciummangel, Cortisolüberschuß, Geschlechtshormonmangel. Als Hauptursachen der Osteoporose beim Kind können folgende Störungen in Betracht kommen: Lähmungsbedingte oder iatrogene Immobilisierung, Cushing-Syndrom, langdauernde, pharmakologisch-dosierte Cortisontherapie, Hypogonadismus, nephrotisches Syndrom, idiopathische Hypercalciurie, rheumatoide Arthritis, Malabsorptionssyndrome, Glykogenose, Leukämie, Skorbut.

Meßverfahren zur quantitativen Bestimmung des Mineralsalzgehaltes am Skelett

a) Filmmethoden

Das photographische Röntgenbild erlaubt Abweichungen vom Normalwert zu erkennen, wenn sie etwa 30 bis 50 % betragen. Für Verlaufsbeobachtungen sind diese Grenzen aber zu weit. Zunächst wurde daher versucht, mit Filmauswertemethoden eine größere Empfindlichkeit zu erreichen. Dazu sind in der Literatur wiederholt Vorschläge gemacht worden, die bei Beachtung aller Vorsichtsmaßnahmen auch Verbesserungen der Genauigkeit bringen. Es ist aber bei Messungen mittels Röntgenfilm immer auf folgende Punkte kritisch zu achten:

1. Der Röntgenfilm ist nicht als Meßgerät entwickelt worden, sondern zur Wiedergabe morphologischer Strukturen.
2. Jedes Objekt erzeugt Streustrahlung, die keineswegs isotop verteilt ist, und durch Raster nur reduziert, aber niemals ganz beseitigt werden kann.
3. Die Röntgenstrahlung ist immer polychromatisch, ändert also ihre Zusammensetzung beim Durchtritt durch den Körper. Eine Näherung durch die Annahme monochromatischer Strahlung führt zu erheblichen Fehlern.

Viele Arbeiten mit dem Film als Meßgerät führten daher doch zu der inzwischen weit verbreiteten Erkenntnis, daß das Ziel, nämlich eine Reproduzierbarkeit am Phantom oder am excidierten, in Wasser oder Kunststoff eingebetteten Knochen von etwa ± 5 % Standardabweichung nicht erreichbar ist.

b) Isotopenmethoden

In Erkenntnis dieser Schwierigkeiten sind CAMERON und Mitarbeiter 1963 dazu übergegangen, Isotopen als Strahler und Szintillationszähler als Meßempfänger zu verwenden. Ein sehr kleines Feld (Größenordnung mm^2) sorgt dafür, daß die Streustrahlung vernachlässigbar wird.

In Anlehnung an CAMERON haben wir diese Methode auch für unsere Untersuchungen verwandt.

Die experimentelle Apparatur verwendet als Strahlenquelle für Messungen an Extremitäten eine punktförmige radioaktive Quelle ^{125}Jod von 20 mCu, die mit einem Zinnfilter zur Beseitigung der energiereicheren Strahlenkomponenten versehen ist. Spektrometrisch und durch Absorptionsmessungen konnte bestätigt werden, daß diese Quelle wirklich monochromatische Strahlung von ausreichender Intensität liefert.

Die Strahlung aus der Quelle wird scharf ausgeblendet, wobei mehrere Blenden leicht auswechselbar zur Verfügung stehen. Für Messungen quer zur Längsrichtung eines Knochens verwenden wir eine Schlitzblende $0,5 \times 3 \text{ mm}^2$. Der Abstand Blende/Knochen soll möglichst gering sein (ungefähr 30 mm). Fest mit der Quelle und ihrer Blende verbunden ist ein $1 \frac{1}{2}$ Zoll Szintillationszähler (Natriumjodid-Kristall).

Die Zählrate beträgt je nach Stärke des Präparates etwa $2-4 \times 10^5$ Impulse/min, sie wird grob in einem linearen Mittelwertmesser angezeigt und gleichzeitig mit einer speziell für diesen Zweck entwickelten Elektronik (logarithmisches Präzisionsmeßgerät) auf einen XY-Schreiber aufgezeichnet.

Der Patient liegt auf einer schwimmenden Tischplatte (Abb.1), die motorisch mit einstellbarer Geschwindigkeit bewegt werden kann. Die Verschiebung wird elektrisch dem XY-Schreiber gemeldet.

Zur routinemäßigen Messung bei Kindern wird das distale Ende der Ulna herangezogen, da nach unseren Erfahrungen die Ulna bei Kindern gut zugänglich und einigermaßen rund ist. Zugleich erfassen wir damit den distalen Metaphysenbereich, also diejenige Zone, in der das stärkste Wachstum erfolgt. Die Auswertung ist an dieser Stelle besonders einfach. Die Extremitäten sind mit einer Vorrichtung gehalten und an der Meßstelle zwischen 2 dünnen Kunststoffplatten auf konstante Dicke komprimiert (Abb. 1a).

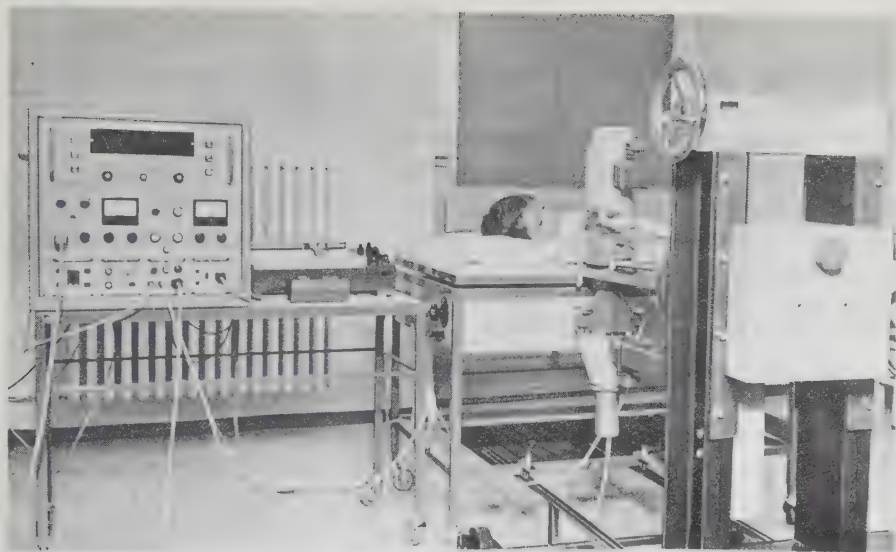
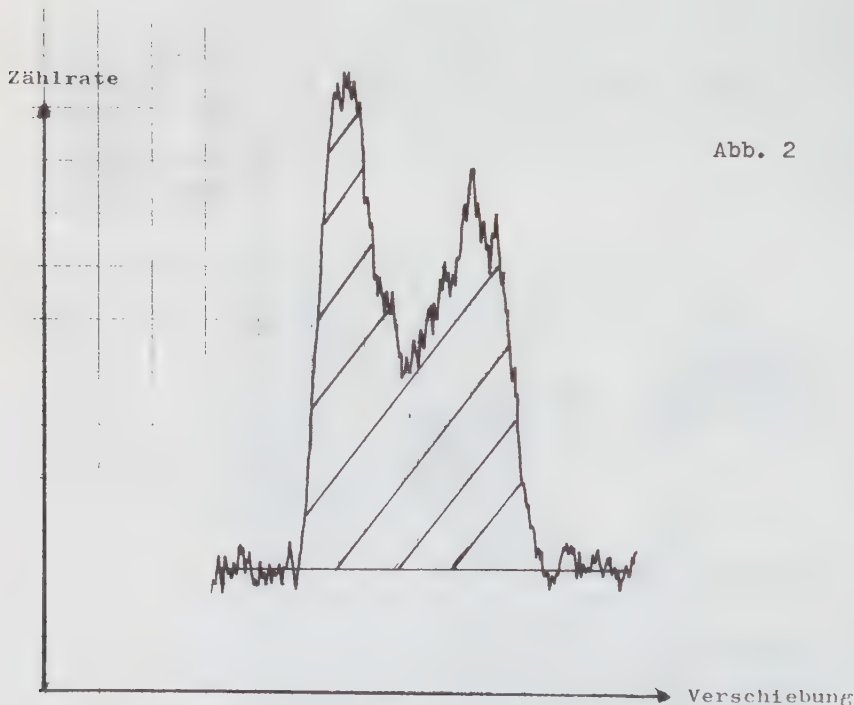


Abb.1



Abb.1

Zum Dickenausgleich dienen Wassersäckchen aus Polyäthylen. Ist die Extremität fixiert und zum Strahl gerichtet, so lassen wir den Patienten durch die Tischplattenbewegung mit geeigneter Geschwindigkeit unter dem Strahl senkrecht zur Extremitätenlängsachse bewegen und öffnen dazu den Meßverschluß. Der Präzisions-Mittelwert-Messer zeichnet dann in logarithmischem Maß die mittlere Zählrate auf. Man erhält eine Kurve wie in der Abbildung 2 dargestellt.



Nach oben ist die Zählrate aufgetragen, nach rechts die Verschiebung. Die Kurve hat wegen der Kompression eine annähernd waagrechte Basislinie. Die schraffiert gezeichnete Fläche wird planimetriert und ist ein Maß für die Massenbelegungsichte je cm Knochenlänge. Aus dem Durchmesser, der auch aus der Breite der Kurve zu entnehmen ist, kann man dann den Mineralsalzgehalt des Knochens pro Volumeneinheit errechnen.

Definition des Maßsystems

Leider gibt es zur Zeit noch kein einheitliches Maßsystem für den Knochenmineralgehalt. Aus medizinischer Sicht wäre eine Angabe von g/cm^3 Hydroxylapatit am sinnvollsten, wobei anstelle von HA auch abgewandeltes Octacalciumphosphat stehen könnte.

Eine Messung dieser Größe setzt aber bei den zur Zeit üblichen Durchstrahlungsmethoden eine Annahme über den Knochenquerschnitt voraus. Wie bereits erwähnt, kann an der kindlichen Ulna der Knochen annähernd als kreisrund angenommen werden. Bei Erwachsenen dagegen ist diese Annahme sicher nicht ohne weiteres zulässig. In diesem Fall ist es üblich, das Knochenmineral auf 1 cm Knochenlänge (g/cm) zu bestimmen und gleichzeitig ein Maß für die Knochendicke aus dem Abtastdiagramm anzugeben.

Eigene Untersuchungen

Die eigenen Untersuchungen beschäftigen sich mit der Prüfung der erreichbaren Genauigkeit bei Knochenmineralsalzbestimmung an Sektionsmaterial. Aufgrund von Vergleichsmessungen an Knochen, sowie durch Knochenaschegewichtsbestimmung wurde der Fehler der experimentellen Methode bestimmt.

Wir führten zunächst in Anlehnung an CAMERON und Mitarbeiter an excidierten Knochen die Absorptionsmessungen durch und verglichen das Ergebnis mit den chemisch-analytisch bestimmten Werten.

Untersuchungsmaterial

Präp.A	Fibula	eines Erwachsenen	(Formalin-fixiert)	Anatomie
Präp.B	"	"	(frisch)	Pathologie
Präp.C	"	Jugendlichen	(frisch)	Pathologie
Präp.D	Ulna	"	Erwachsenen (Formalin-fixiert)	Anatomie
Präp.A	(grüne Serie)		Präp. C	(blaue Serie)
Präp.B	(rote Serie)		Präp. D	(gelbe Serie)

1. Bestimmung des Knochenmineralsalzgehaltes durch
Absorptionsmessung monochromatischer Strahlung

Meßprinzip

Mit Hilfe der bekannten energieabhängigen Schwächungskoeffizienten von H_2O und Hydroxylapatit wird mittels der meßbaren Absorption der Strahlung radioaktiver Isotope (J_{125}) die mittlere Kalksalz-Flächenbelegungsdichte (g/cm^2) oder die Dichte pro cm Knochenlänge (g/cm) bestimmt. Die Kenntnis der Knochendicke bzw. des Querschnittes an der durchstrahlten Stelle erlaubt wiederum die Bestimmung der mittleren Kalksalzdichte pro Volumeneinheit (g/cm^3).

Voraussetzung ist eine weiche γ -Strahlung, die in einem Energiebereich liegt, der es gestattet, Medien verschiedener Ordnungszahl durch ihre unterschiedliche Absorption voneinander zu trennen.

Besonders geeignet ist J_{125} mit einer Energie von 27,5 keV. In diesem Energiebereich ist die Abhängigkeit der Absorption von der Ordnungszahl besonders groß, so daß die Schwächung durch die Weichteile im Vergleich zu der des Knochens gering ist. Außerdem besitzt J_{125} eine ausreichend lange Halbwertszeit $T_{1/2} = 60$ Tage.

Die Wahl von J_{125} begrenzt die Dicke des zu untersuchenden Knochens. Wird die Gesamtabsorption zu groß, so treten aufgrund der geringen Impulsraten bei der Bildung des Schwächungsverhältnisses Fehler auf.

Aufbau der Meßelektronik (Abb. 3)

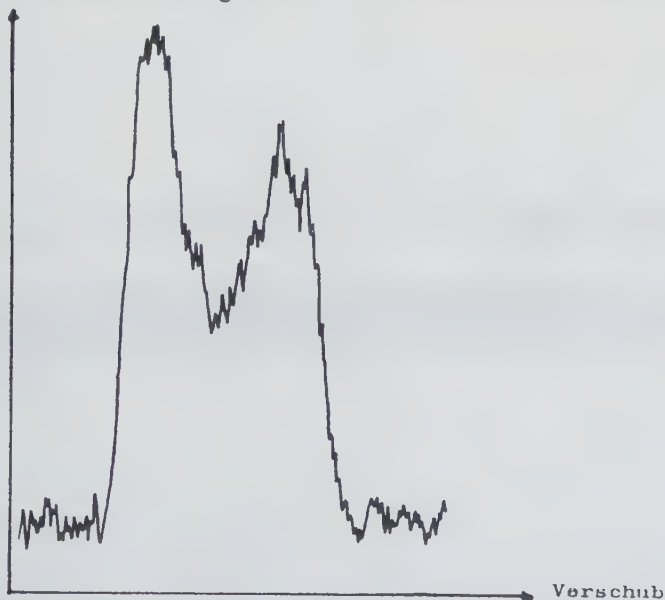
Die Auswerteeinheiten der Meßelektronik übernehmen entweder die Zählung der in einer bestimmten Zeit in den Strahlungsdetektor einfallenden Teilchen (digitale Anzeige durch Impulszähler), oder die Feststellung ihres zeitlichen Mittelwertes (analoge Anzeige durch Mittelwertsmesser).

Wir wählten eine dritte Form der Registrierung:

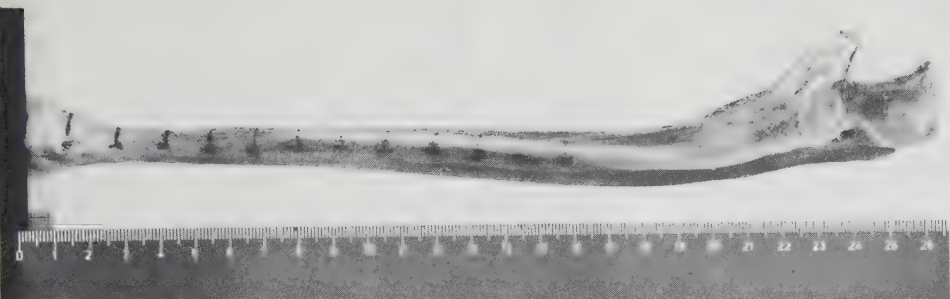
Durch die Zwischenschaltung eines Logarithmierverstärkers wird das vom lin. Mittelwertsmesser analogisierte und nachfolgend logarithmierte Meßsignal beim Scanner über dem Knochen von einem XY-Schreiber als Funktion des Vorschubes registriert.

Abb. 4

logarithmisches Meßsignal

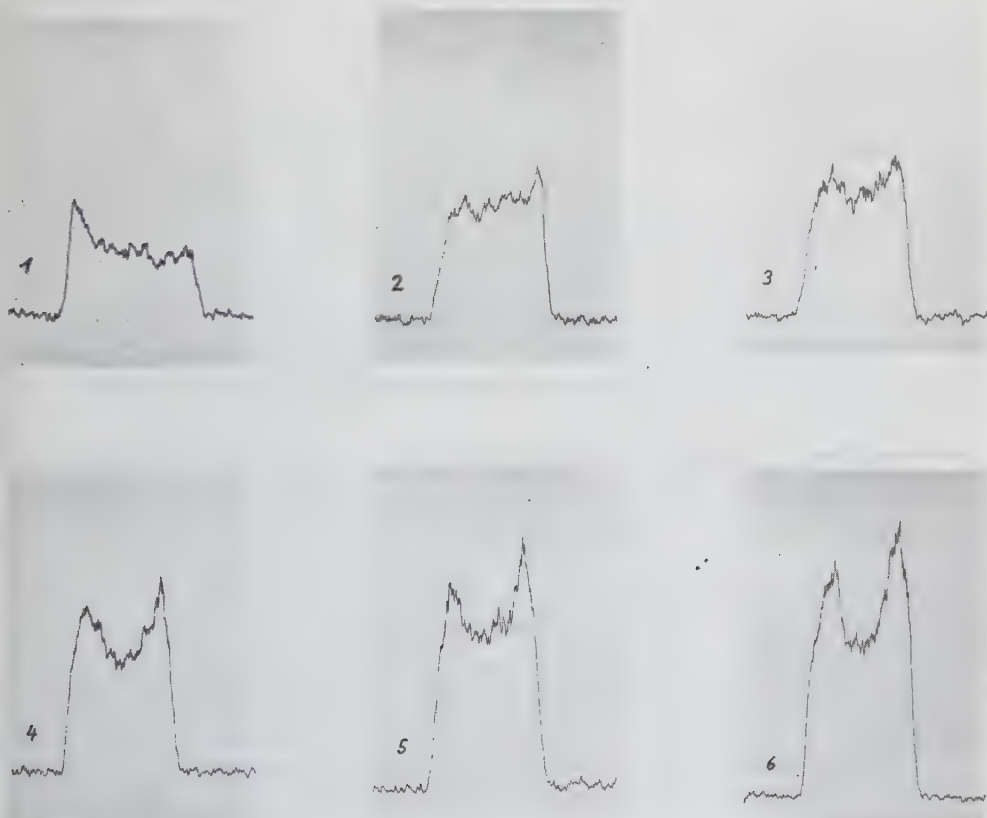


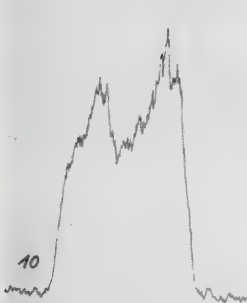
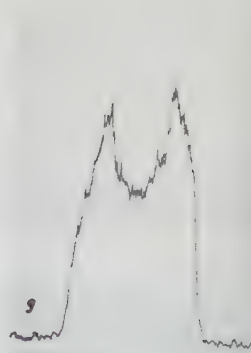
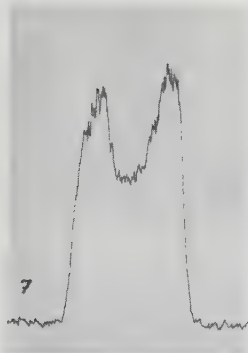
Präparat D



Absorptionskurven in Abhängigkeit von den Meßorten (Abb. C):

Beispiel: Gelbe Serie





Um den Weichteileinfluss und seine dem Meßprinzip zugrundeliegende konstante Gesamtdicke zu erhalten, wurden die exzidierten Knochen jeweils in eine Flexiglaswanne mit Wasser eingelegt.

Mit einem mechanischen Vorschub wird der Extremitätenknochen zwischen Strahlungsquelle und Strahlungsdetektor quer zur Knochenlängsachse hindurchbewegt.

Zwischen Tischvorschub und Schreibervorschub besteht eine definierte Beziehung. Der mechanische Tischvorschub ist mit einem Potentiometer gekoppelt, dessen Ausgangsspannung die x-Achse eines XY-Schreibers steuert. Das logarithmierte Messsignal steuert die y-Achse und wird so fortlaufend in Abhängigkeit des Vorschubes als absorptionskurve registriert.

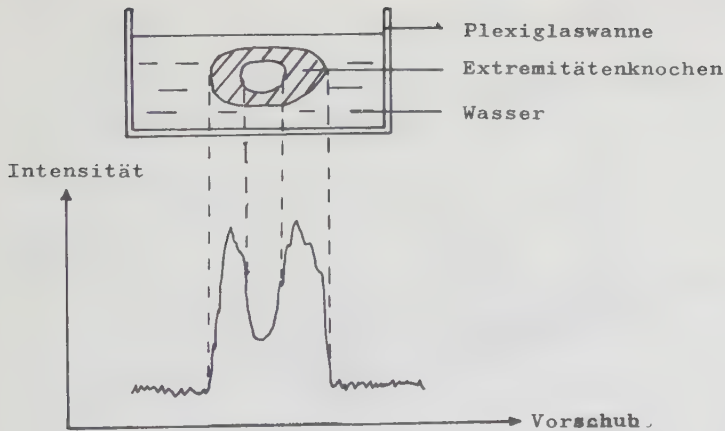


Abb. 7

Es ergibt sich eine Kurve, die durch den Einfluß der konstanten Weichteildicke eine waagerechte Basislinie aufweist (Statistik der Zählrate vernachlässigt).

Durch entsprechende Eichung der y-Achse kann man für jede durchstrahlte Knochenstelle die Kalksalz-Flächenbelegungsdichte (g/cm^2) als Differenz der y-Werte von Meßkurve und Basislinie aus der Graphik ablesen.

Unsere Meßwerte basieren allerdings auf einer Modifikation der Auswertung.

Durch Planimetrieren der unter dem Knocheneinfluß ausgebildeten Fläche F ergibt sich ein Äquivalent für den Mineral-salzgehalt pro cm Knochenlänge (Abb. 8).

Strahlungsintensität

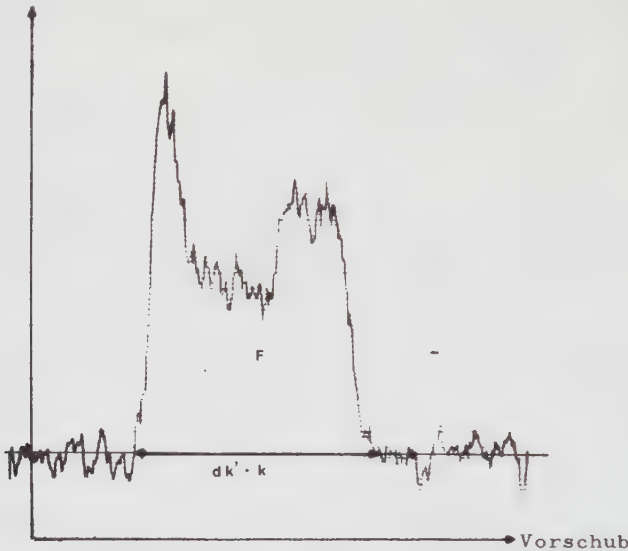


Abb. 8

Die Auswertung erfolgt nach folgender Formel:

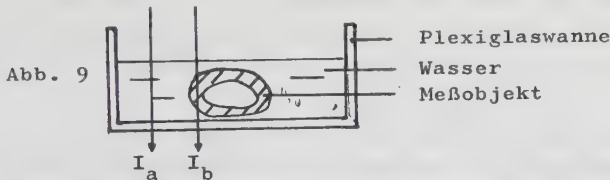
$$S_{HA}^Q = F \cdot k_1 \cdot k_2 \text{ (g/cm)}$$

S_{HA}	Hydroxylapatitdichte (g/cm^3)
Q	Querschnitt des Knochens an der Meßstelle (cm^2)
$d_k = dk' \cdot k_1$	Knochendurchmesser (cm)
F	Fläche unter der Kurve (cm^2)
k_1	Umrechnungsfaktor für die Abszisse (durch Vorschub bedingt). In unserem Falle wurde mit 4-facher Vergrößerung gearbeitet. d.h. 1 cm Tischvorschub bzw. Knochenbreite ergeben in der Graphik 4 cm Breite. $k_1 = 0,25$
k_2	Umrechnungsfaktor für die Ordinate errechnet sich aus der Formel

$$1. \quad S_{HA} \text{ dk} = \frac{\ln \frac{I_a}{I_b}}{\mu_{HA}^* - \frac{\rho_w}{S_{HA \text{ mikr.}}} \cdot \mu_w^*}$$

I_a Zählrate im Wasserbad

I_b Zählrate bei Knochen und H_2O -Anteil



μ_{HA}^* Spez. Schwächungskoeffizient von HA für die benutzte monoenergetische Strahlung (J_{125}) = $2,8 \pm 0,01 \frac{cm^2}{g}$

μ_w^* Spez. Schwächungskoeffizient von H_2O für J_{125} = $0,420 \pm 0,0015 \frac{cm^2}{g}$

ρ_w Dichte von H_2O = 1 g/cm^3

$S_{HA \text{ mikr.}}$ Mikroskopische Dichte der Kalksalzteilchen im Knochen = $3,5 \text{ g/cm}^3$

S_{HA} mittlere makroskopische HA-Dichte

In Gleichung 1. eingesetzt erhält man

$$2. \quad S_{HA} \text{ dk} = 0,373 \ln \frac{I_a}{I_b}$$

Unter Berücksichtigung des dekadischen Logarithmus der regelbaren Ausgangsspannung des Logarithmierverstärkers und der Schreiberempfindlichkeit ergibt sich daher für unsere Messung ein Umrechnungsfaktor k_2 = 1 cm Schreiberpapier entspricht $0,11 \text{ g/cm}^2$ bzw. $0,055 \text{ g/cm}^2$ Flächenbelegungsichte.

Die Division der Meßgröße (Maße/Länge) durch den Knochenquerschnitt würde die über dem Querschnitt gemittelte Kalksalzdichte ergeben.

3.

$$g_{HA} = \frac{F \cdot K_1 \cdot K_2}{Q} \quad (\text{mg/ml})$$

Man kann als charakteristische Knochendicke den Scannweg über den Knochen aus der Graphik entnehmen. Diese Knochenbreite ist aber nur bis auf einen vom Knochenquerschnitt abhängigen Formfaktor mit der effektiven Knochendicke gleich.

Da wir bei der Ulna im distalen Drittel einen kreisförmigen Querschnitt annehmen, ist dieser Formfaktor gleich 1. Auch hier fällt außerdem der Umrechnungsfaktor für die Abszisse $k_1 = 0,25$ ins Gewicht.

Zusätzlich für die Ulna und ausschließlich für alle anderen Extremitätenknochen wurden die tatsächlichen Knochenquerschnitte auf planimetrischem Wege bestimmt.

2. Chemisch-analytische Bestimmung des Knochenmineralsalzgehaltes

Das Skelett ist eine Calcium-Phosphat-Reserve des Stoffwechselsystems. Die eigentliche Knochenmatrix ist ein schmiegsames Gerüst aus faserförmiger Eiweißsubstanz (Kollagen). Eingelagert ist in feinsten Teilchen die anorganische Substanz.

Die Bestimmung des Aschegehaltes pro cm Knochenlänge gelingt durch Verglühen der organischen Bestandteile. Zur Bestimmung des Aschegehaltes in der Volumenseinheit muß der Knochenquerschnitt bestimmt werden.

Methodik

Aus den Untersuchungsobjekten wurden Knochenscheiben herausgesägt, und zwar an den Stellen, die mit der Absorptionsmessung identisch sind.

Hierzu wurde der Knochen jeweils in einer Spannvorrichtung befestigt und ca. 4 - 6 mm Knochenscheiben, unter Berücksichtigung von planparallelen Schnittflächen abgesägt (Abb. 10).

Abb. 10 a: Knochenschnitte lateromedial

Förberat . . .

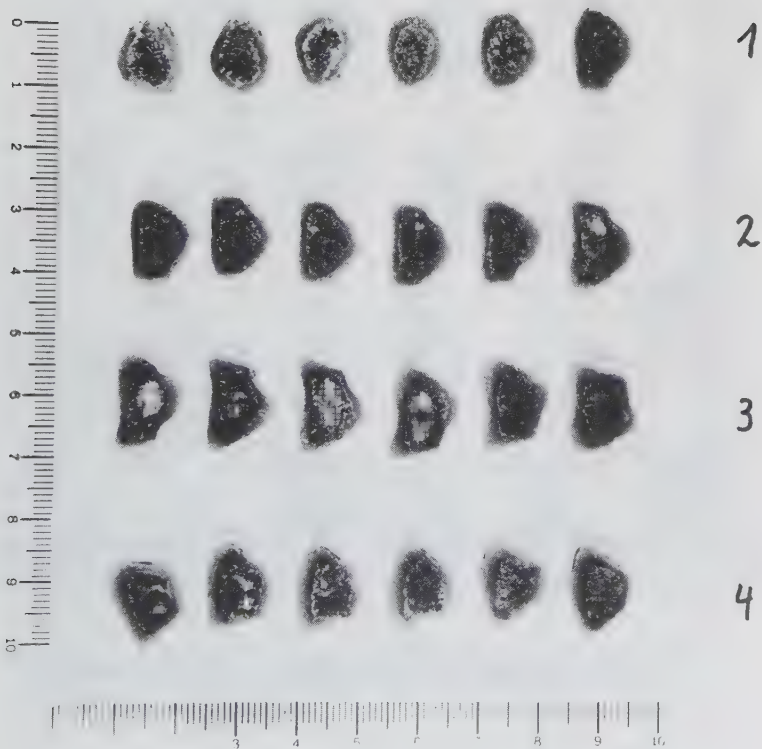


Figure 2



Präparat C



Präparat D



1



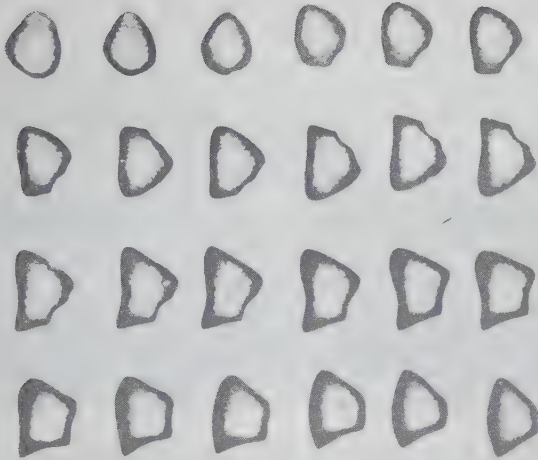
2



3

Abb. 19 b: Knochenschnitte röntgenologisch

Präparat A



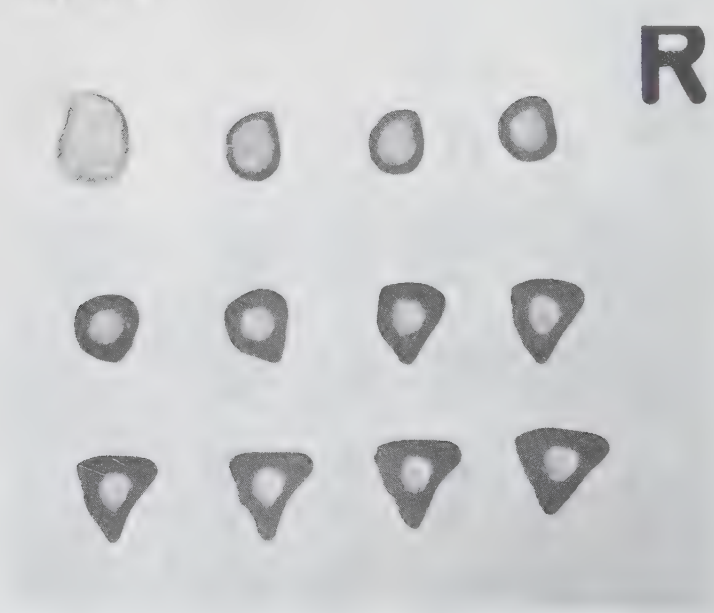
Präparat B



Figure 21



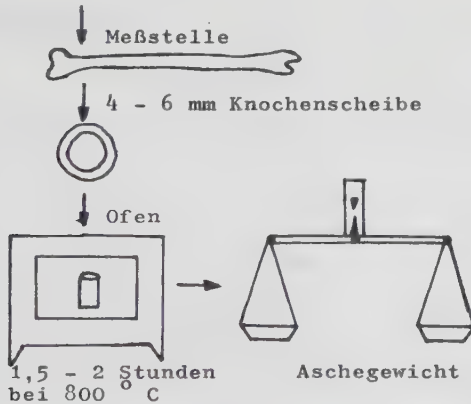
Figure 22



Ideal wären Scheibendicken, die dem Strahlenquerschnitt des γ -Strahles entsprächen. Aus technischen Gründen läßt sich das schlecht realisieren. Hinzu kommt, daß die Gefahr des Ausbröselns der Spongiosa bei so dünnen Scheiben erheblich ist.

Die Knochenscheiben wurden entsprechend der Meßstelle numeriert und einzeln verpackt, um Substanzverlust weitgehend zu vermeiden.

Die Knochen wurden in kleinen Keramiktiegeln, deren Leergewicht vorher bestimmt wurde, zur Verbrennung der organischen Matrix unter Luftzutritt bis zur Rotglut des Tiegels erhitzt und anschließend bei 800 Grad Celsius eineinhalb bis zwei Stunden geglüht (bis der Rückstand weiß war) (Abb. 11).



Die in den Tiegeln erkaltete Asche wurde gewogen und das Tiegelgewicht vom Gesamtgewicht subtrahiert.

Anschließend erfolgte die Umrechnung des Aschegehaltes auf 1 cm Knochenlänge.

Somit steht das chemisch-analytische Ergebnis fest.

$$g_{HA^Q} \text{ (mg/cm)}$$

Zur Ermittlung des Aschegehaltes pro cm^3 Knochen ist die Kenntnis des jeweiligen Knochenquerschnittes erforderlich.

Wir bestimmten die Flächen der Knochenquerschnitte mit einem Planimeter der Firma Haff. Das Planimeter ist ein einfaches Instrument für die genaue Messung des Flächeninhaltes ebener Flächen von beliebiger Form. Man umfährt mit der Fahrлуpe des Planimeters die Begrenzungsline der Fläche im Uhrzeigersinn und kann nach Berücksichtigung eines Faktors, der von Polarm- und Fahrarmlänge abhängt, das Endergebnis an Zählrad und Meßrolle in cm^2 ablesen.

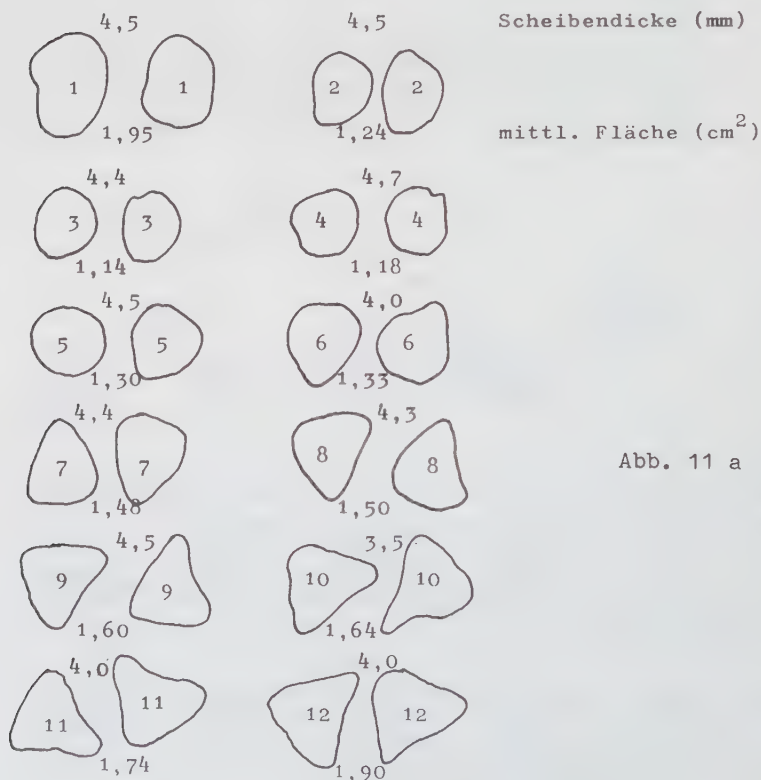


Abb. 11 a

Bei unseren Beispielen gingen wir folgendermaßen vor:

Die beiden zu einer Knochenscheibe gehörigen Schnittflächen wurden (vor dem Verglühen) grafisch dargestellt, die Flächen planimetriert und der Mittelwert aus beiden Ergebnissen gebildet. Die Division des Zwischenergebnisses s_{HAQ} (mg/cm) durch den Flächenquerschnitt cm^2 ergibt den Aschegehalt pro Volumeneinheit s_{HA} (mg/cm³).

Meßergebnisse:

Präparat A konnte wegen ungenügender Veraschung zur Ermittlung der Fehlerquellen nicht herangezogen werden.

*GO

GEBEN SIE DIE WERTE X UND Y EIN ! ZULETZT 'STOP' !

X:0 Y:0

X:423 Y:387

X:555 Y:543

X:614 Y:612

X:637 Y:637

X:627 Y:634

X:654 Y:649

X:645 Y:649

X:680 Y:615

X:672 Y:677

X:705 Y:672

X:680 Y:640

X:730 Y:688

X:736 Y:738

X:720 Y:722

X:744 Y:740

X:760 Y:764

X:765 Y:760

X:800 Y:798

X:787 Y:787

X:760 Y:765

X:777 Y:780

X:755 Y:760

X:802 Y:791

X:807 Y:748

X:750 Y:741

X:STOP

MITTELWERT XM: = 0.676346E+03

MITTELWERT YM: = 0.665269E+03

KORRELATIONSKOEFF.: = 0.991875E+00

REGRESSIONSKOEFF. BY: = 0.996507E+00

REGRESSIONSKOEFF. BX: = 0.987263E+00

STREUUNG UM Y-REGRESSION: = 0.433578E+03

STREUUNG UM X-REGRESSION: = 0.429555E+03

REGRESSIONSGERADE: $Y = Y_M + B_Y \cdot (X - X_M)$ - $X = X_M + B_X \cdot (Y - Y_M)$

PRÖZ.STANDARDABW. Y = 0.312994E+01*

Präparat B (Abb. 12)

Computerergebnis

Prüparat B

Tabellarische Übersicht

Meßstelle	1	2	3	4	5	6
Scheibendicke (cm)	0,48	0,48	0,42	0,43	0,45	0,45
Querschnitt (cm ²)	1,075	0,79	0,74	0,75	0,85	0,9
Volumen (cm ³)	0,515	0,38	0,311	0,323	0,383	0,405
Aschegewicht (g)	0,218	0,211	0,191	0,206	0,240	0,265
chem. analyt. Asche (g/cm)	0,454	0,438	0,455	0,48	0,533	0,589
chem. analyt. Asche (g/cm ³)	0,423	0,555	0,614	0,637	0,627	0,654
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm)	0,416	0,43	0,454	0,479	0,539	0,585
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm ³)	0,387	0,543	0,612	0,637	0,634	0,649

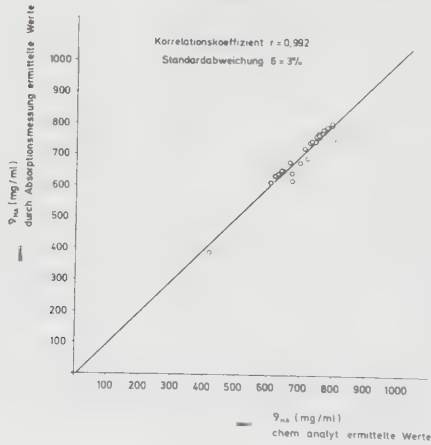
Meßstelle	7	8	9	10	11	12	13
Scheibendicke (cm)	0,41	0,42	0,48	0,37	0,45	0,46	0,38
Querschnitt (cm ²)	0,9	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Volumen (cm ³)	0,369	0,4	0,48	0,37	0,45	0,46	0,38
Aschegewicht (g)	0,238	0,272	0,323	0,264	0,306	0,336	0,280
chem. analyt. Asche (g/cm)	0,58	0,647	0,673	0,705	0,680	0,730	0,736
chem. analyt. Asche (g/cm ³)	0,645	0,68	0,672	0,705	0,680	0,730	0,736
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm)	0,583	0,584	0,677	0,672	0,640	0,688	0,738
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm ³)	0,549	0,615	0,677	0,672	0,640	0,688	0,738

Meßstelle	14	15	16	17	18	19
Scheibendicke (cm)	0,45	0,42	0,4	0,41	0,45	0,4
Querschnitt (cm ²)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Volumen (cm ³)	0,45	0,42	0,4	0,41	0,45	0,4
Aschegewicht (g)	0,325	0,313	0,304	0,314	0,361	0,315
chem. analyt. Asche (g/cm)	0,721	0,745	0,760	0,765	0,804	0,788
chem. analyt. Asche (g/cm ³)	0,72	0,744	0,76	0,765	0,8	0,707
J 125 ϵ_{HA}^Q (g/cm)	0,722	0,74	0,765	0,76	0,797	0,785
J 125 ϵ_{HA}^Q (g/cm ³)	0,722	0,74	0,764	0,76	0,798	0,787
Meßstelle	20	21	22	23	24	25
Scheibendicke (cm)	0,48	0,4	0,45	0,46	0,44	0,43
Querschnitt (cm ²)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Volumen (cm ³)	0,48	0,4	0,45	0,46	0,44	0,43
Aschegewicht (g)	0,364	0,311	0,339	0,369	0,35	0,322
chem. analyt. Asche (g/cm)	0,753	0,777	0,753	0,802	0,807	0,750
chem. analyt. Asche (g/cm ³)	0,76	0,777	0,755	0,802	0,807	0,750
J 125 ϵ_{HA}^Q (g/cm)	0,765	0,78	0,75	0,791	0,748	0,741
J 125 ϵ_{HA}^Q (g/cm ³)	0,765	0,78	0,75	0,791	0,748	0,741

Präparat B

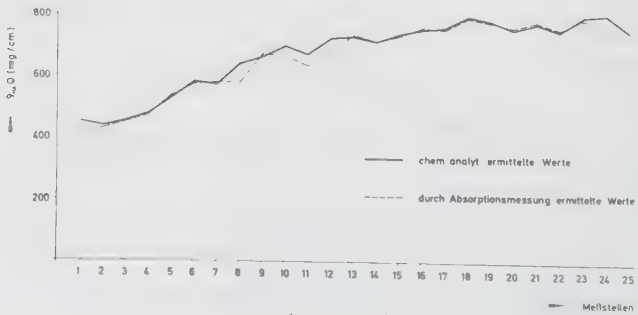
QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Fibula



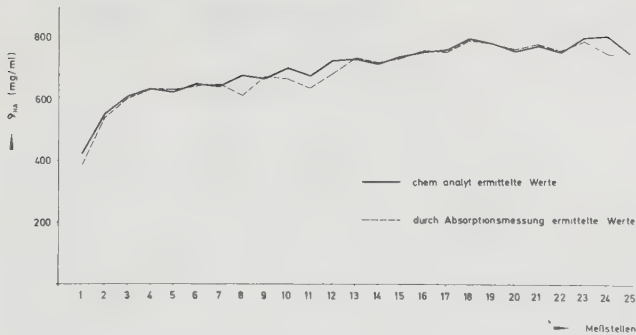
QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Fibula



QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Fibula



Präparat C (Abb. 13)

Computerergebnis

*GO

GEBEN SIE DIE WERTE X UND Y EIN ! ZULETZT 'STOP' !

X:0 Y:0
X:326 Y:278
X:357 Y:300
X:358 Y:349
X:373 Y:369
X:419 Y:418
X:439+430 Y:425
X:430 Y:430
X:432 Y:428
X:446 Y:445
X:430 Y:417
X:436 Y:435
X:432 Y:439
X:452 Y:455
X:452 Y:423
X:445 Y:42+418
X:447 Y:448
X:458 Y:436
X:466 Y:466
X:453 Y:451
X:461 Y:456
X:444 Y:446
X:459 Y:471
X:STOP

MITTELWERT XM: 0.408956E+03
MITTELWERT YM: 0.400130E+03
KORRELATIONSKOEFF.: 0.985707E+00
REGRESSIONSKOEFF. BY: 0.102114E+01
REGRESSIONSKOEFF. BX: 0.951500E+00
STREUUNG UM Y-REGRESSION: 0.284945E+03
STREUUNG UM X-REGRESSION: 0.265512E+03

REGRESSIONSGERADE: $Y = Y_M + B_Y \cdot (X - X_M)$ - $X = X_M + B_X \cdot (Y - Y_M)$

PRØZ.STANDARDABW. Y

0.421870E+01*

Präparat C

Tabellarische Übersicht

Meßstelle	1	2	3	4	5	6	7
Scheibendicke (cm)	0,37	0,35	0,39	0,4	0,43	0,45	0,46
Querschnitt (cm ²)	0,8	0,7	0,68	0,75	0,9	0,85	0,85
Volumen (cm ³)	0,296	0,245	0,265	0,3	0,344	0,383	0,391
Aschegewicht (g)	0,0965	0,0875	0,0949	0,112	0,144	0,165	0,169
chem. analyt. Asche (g/cm)	0,261	0,25	0,243	0,28	0,335	0,367	0,367
chem. Analyt. Asche (g/cm ³)	0,326	0,357	0,358	0,373	0,418	0,43	0,43
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm)	0,223	0,21	0,236	0,276	0,334	0,361	0,365
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm ³)	0,27	0,3	0,349	0,368	0,418	0,425	0,43

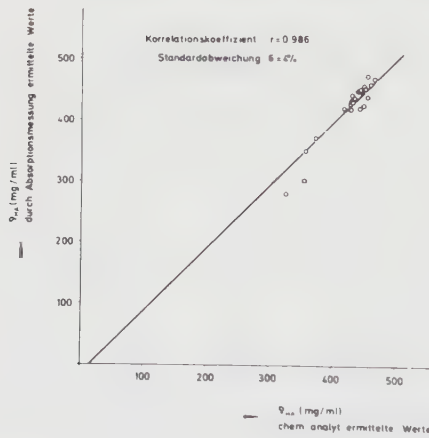
Meßstelle	8	9	10	11	12	13	14	15
Scheibendicke (cm)	0,44	0,42	0,47	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40
Querschnitt (cm ²)	0,9	0,90	0,85	0,97	1,0	1,0	1,04	1,0
Volumen (cm ³)	0,396	0,777	0,445	0,408	0,41	0,41	0,416	0,4
Aschegewicht (g)	0,171	0,168	0,191	0,178	0,177	0,186	0,188	0,178
chem. analyt. Asche (g/cm)	0,389	0,40	0,406	0,423	0,421	0,453	0,47	0,445
chem. analyt. Asche (g/cm ³)	0,432	0,446	0,43	0,436	0,432	0,452	0,452	0,445
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm)	0,385	0,402	0,396	0,421	0,439	0,955	0,44	0,418
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm ³)	0,428	0,445	0,417	0,435	0,439	0,455	0,423	0,418

Meßstelle	16	17	18	19	20	21	22
Scheibendicke (cm)	0,46	0,42	0,44	0,46	0,45	0,46	0,44
Querschnitt (cm ²)	0,96	0,95	0,93	1,0	0,9	0,9	0,85
Volumen (cm ³)	0,442	0,399	0,41	0,46	0,405	0,414	0,374
Aschegewicht (g)	0,198	0,183	0,191	0,208	0,187	0,184	0,172
chem. Analyt. Asche (g/cm)	0,43	0,436	0,434	0,452	0,415	0,4	0,391
chem. analyt. Asche (g/cm ³)	0,447	0,458	0,466	0,453	0,461	0,444	0,459
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm)	0,431	0,414	0,434	0,451	0,41	0,403	0,4
J 125 ρ_{HA}^Q (g/cm ³)	0,448	0,436	0,466	0,451	0,456	0,446	0,471

Präparat C

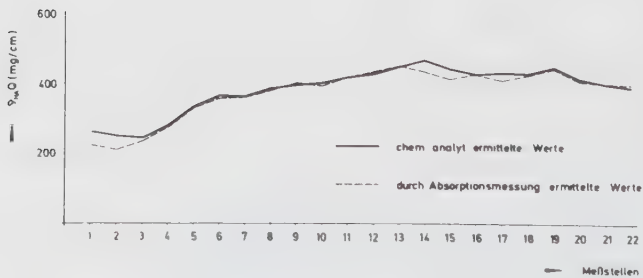
QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Fibula



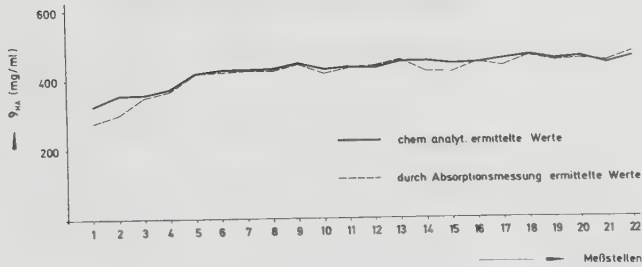
QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Fibula



QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Fibula



Präparat D (Abb. 14)

Tabellarische Übersicht

	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Meßstelle	1	2	3	4	5	6
Scheitendicke (cm)	0,45	0,45	0,44	0,47	0,45	0,40
Querschnitt (cm ²)	1,95	1,24	1,14	1,18	1,3	1,33
Volumen (cm ³)	0,88	0,56	0,5	0,55	0,585	0,53
Aschegewicht (g)	0,335	0,335	0,334	0,396	0,486	0,461
chem. analyt. Asche ^x (g/cm)	0,743	0,743	0,760	0,842	1,08	1,15
chem. analyt. Asche (g/cm ³)	0,830	0,500	0,670	0,720	0,830	0,870
ρ_{HA}^Q (g/cm)	0,340	0,726	0,770	0,825	1,06	1,16
J ₁₂₅ mit tatsächl. Querschnitt ^{ρ_{HA}} (g/cm ³)	0,277	0,586	0,676	0,700	0,814	0,870
J ₁₂₅ mit ang. runden Querschnitt ^{ρ_{HA}} (g/cm ³)	0,294	0,565	0,660	0,705	0,860	0,935

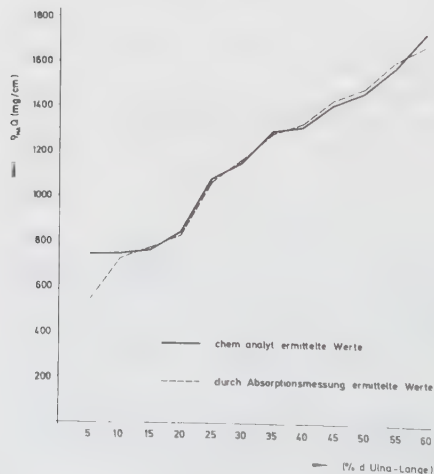
Präparat D

Tabellarische Übersicht

Meßstelle	35% 7	40% 8	45% 9	50% 10	55% 11	60% 12
Scheibendicke (cm)	0,44	0,43	0,45	0,35	0,40	0,40
Querschnitt (cm ²)	1,48	1,50	1,60	1,64	1,74	1,90
Volumen (cm ³)	0,650	0,645	0,720	0,575	0,696	0,760
Aschegewicht (g)	0,569	0,562	0,632	0,510	0,628	0,693
chem. analyt. Asche (g/cm)	1,29	1,31	1,41	1,46	1,57	1,73
chem. analyt. Asche (g/cm ³)	0,875	0,870	0,880	0,890	0,903	0,910
HA Q (g/cm)	1,28	1,32	1,43	1,48	1,60	1,67
J 125 mit tatsächl. HA Querschnitt (g/cm ³)	0,863	0,880	0,895	0,890	0,916	0,880
J 125 mit ang. runden HA Querschnitt (g/cm ³)	0,890	0,800	0,776	0,735	0,763	0,803

QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

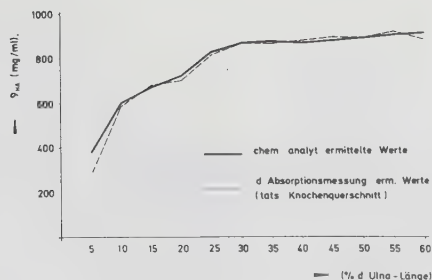
Ulna (Formalin-fixiert)



Präparat D

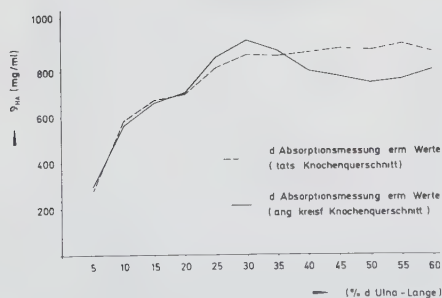
QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Ulna (Formalin - fixiert)



QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Ulna (Formalin - fixiert)



*GO

GEBEN SIE DIE WERTE X UND Y EIN! ZULETZT 'STOP'!

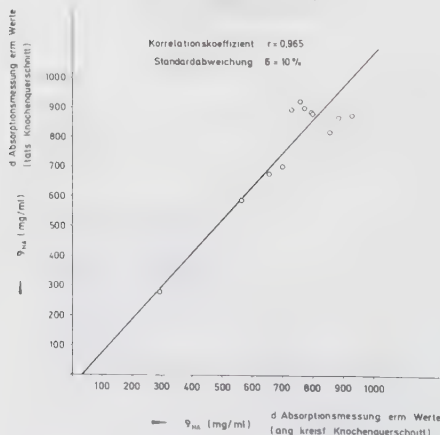
X:0 Y:0
X:380 Y:277
X:600 Y:586
X:670 Y:676
X:720 Y:700
X:830 Y:814
X:870 Y:870
X:875 Y:863
X:870 Y:880
X:880 Y:895
X:890 Y:890
X:903 Y:916
X:910 Y:880
X:STOP
MITTELWERT XM: = 0.722923E+03
MITTELWERT YM: = 0.711308E+03
KORRELATIONSKOEFF.: = 0.994667E+00
REGRESSIONSKOEFF. BY: = 0.103949E+01
REGRESSIONSKOEFF. BX: = 0.951779E+00
STREUUNG UM Y-REGRESSION: = 0.828734E+03
STREUUNG UM X-REGRESSION: = 0.758797E+03

REGRESSIONSGERADE: $Y = Y_M + B_Y \cdot (X - X_M) - X = X_M + B_X \cdot (Y - Y_M)$

PRØZ. STANDARDABW. Y = 0.404716E+01*

QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Ulna (Formalin - fixiert)



GEBEN SIE DIE WERTE X UND Y EIN ! ZULETZT 'STOP' !

X:0 Y:0

X:600 Y:586

X:670 Y:676

X:720 Y:700

X:830 Y:814

X:870 Y:870

X:875 Y:863

X:870 Y:880

X:880 Y:895

X:890 Y:890

X:903 Y:916

X:STOP

MITTELWERT XM: = 0.737091E+03

MITTELWERT YM: = 0.735455E+03

KORRELATIONSKOEFF.: = 0.998967E+00

REGRESSIONSKOEFF. BY: = 0.100620E+01

REGRESSIONSKOEFF. BX: = 0.991786E+00

STREUUNG UM Y-REGRESSION: = 0.146984E+03

STREUUNG UM X-REGRESSION: = 0.144875E+03

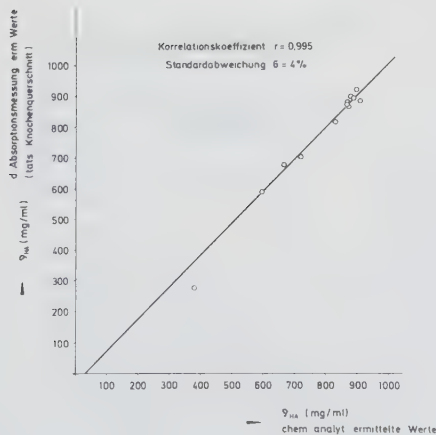
REGRESSIONSGERADE: $Y = Y_M + B_Y \cdot (X - X_M)$ - $X = X_M + B_X \cdot (Y - Y_M)$

PRÖZ.STANDARDABW. Y = 0.164847E+01*

*

QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Urea (Formalin - fixiert)



Computerergebnis

*GO

GEBEN SIE DIE WERTE X UND Y EIN ! ZULETZT 'STOP' !

X:0 Y:0

X:277 Y:294

X:586 Y:565

X:676 Y:660

X:700 Y:705

X:814 Y:860

X:870 Y:935

X:863 Y:890

X:880 Y:800

X:895 Y:776

X:890 Y:735

X:916 Y:763

X:880 Y:803

X:STOP

MITTELWERT XM: = 0.711308E+03

MITTELWERT YM: = 0.675846E+03

KORRELATIONSKOEFF.: = 0.964736E+00

REGRESSIONSKOEFF. BY: = 0.901092E+00

REGRESSIONSKOEFF. BX: = 0.103288E+01

STREUUNG UM Y-REGRESSION: = 0.470913E+04

STREUUNG UM X-REGRESSION: = 0.539781E+04

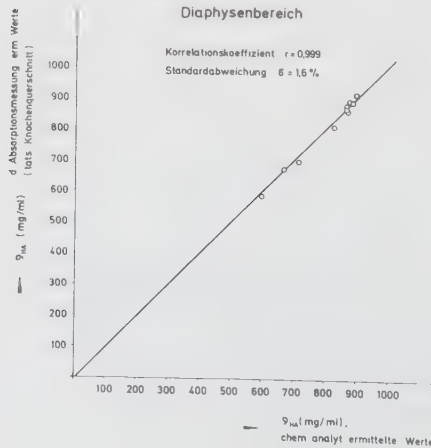
REGRESSIONSGERADE: $Y = Y_M + B_Y \cdot (X - X_M)$ - $X = X_M + B_X \cdot (Y - Y_M)$

PROZ. STANDARDABW. Y = 0.101537E+02*

QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Ulna (Formalin - fixiert)

Diaphysenbereich



Computerergebnis

*GO

GEBEN SIE DIE WERTE X UND Y EIN ! ZULETZT 'STOP' !

X:0 Y:0

X:277 Y:294

X:586 Y:565

X:676 Y:660

X:700 Y:705

X:814 Y:860

X:870 Y:935

X:STOP

MITTELWERT XM: = 0.560429E+03

MITTELWERT YM: = 0.574143E+03

KORRELATIONSKOEFF.: = 0.996155E+00

REGRESSIONSKOEFF. BY: = 0.104299E+01

REGRESSIONSKOEFF. BX: = 0.951422E+00

STREUUNG UM Y-REGRESSION: = 0.824687E+03

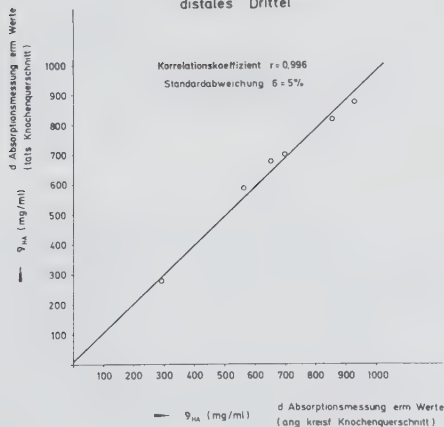
STREUUNG UM X-REGRESSION: = 0.752281E+03

REGRESSIONSGERADE: $Y = Y_M + B_Y \cdot (X - X_M)$ - $X = X_M + B_X \cdot (Y - Y_M)$

PROZ.STANDARDABW. Y = 0.500178E+01*

QUANTITATIVE MINERALSALZBESTIMMUNG

Ulna (Formalin-fixiert)
distales Drittel

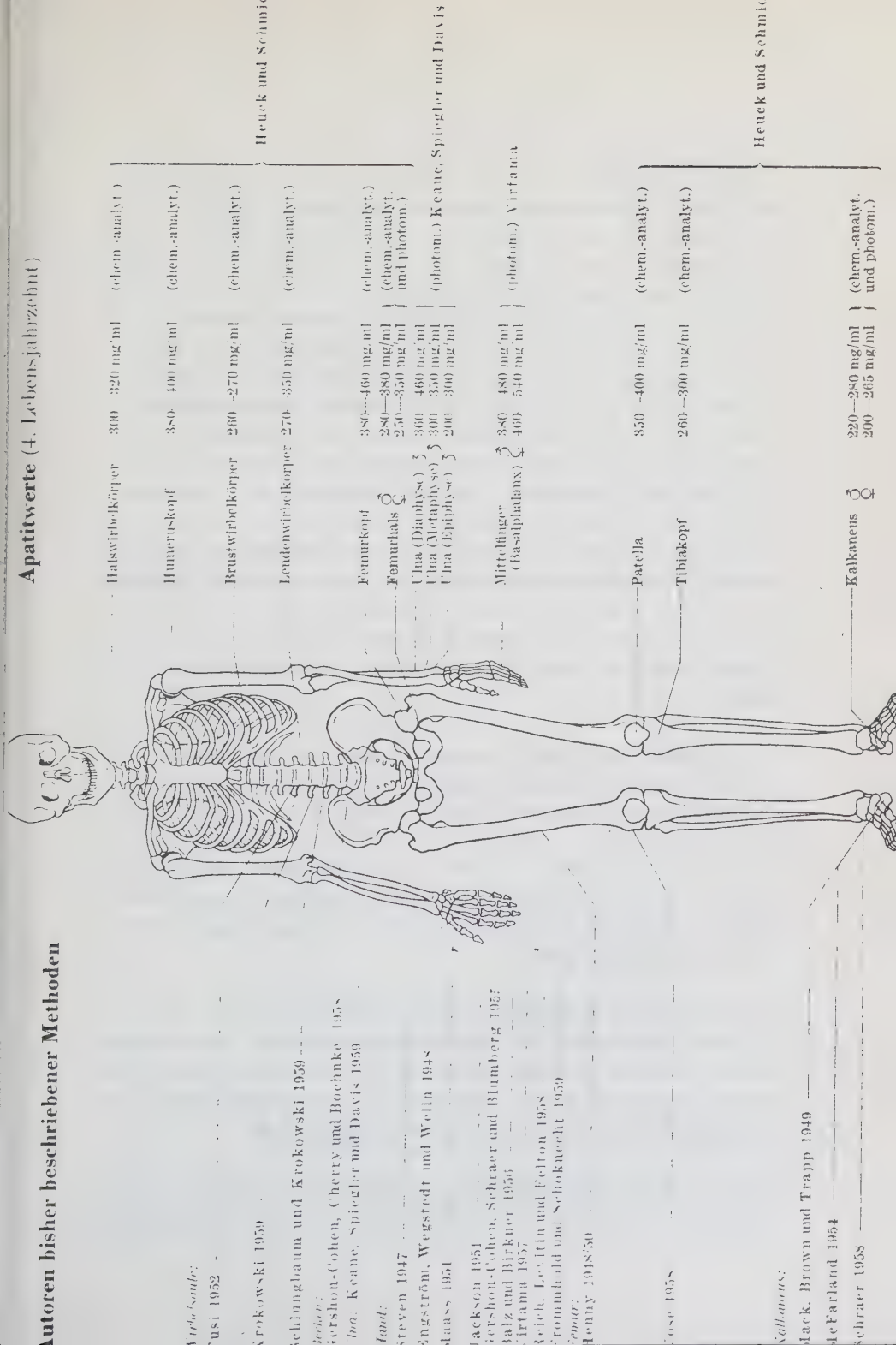


Korrelation zwischen den Meßergebnissen

	K	δ	
Präp. A			ungenügend verascht
Präp. B	0,992	$\pm 3 \%$	
Präp. C	0,986	$\pm 4 \%$	
Präp. D ₁	0,995	$\pm 4 \%$	
Präp. D ₂	0,999	$\pm 1,6\%$	Diaphysenbereich

Die Korrelationskoeffizienten liegen immer über 0,986 im Vergleich dazu die Filmmessungen 0,6-0,8. Die Standardabweichung ist immer besser als $\pm 4 \%$. (Trotz Fehler beim Schneiden der Knochenscheiben.) Bei der Korrelation zwischen dem Gewicht des veraschten Knochens und den durch Absorptionsmessung gewonnenen Werten bei tatsächlichem Querschnitt mit der Maßeinheit g/cm^2 erhielten wir sogar einen Korrelationskoeffizienten von 0,999 und eine Standardabweichung von nur $\pm 1,6 \%$. Bei der Korrelation der Werte von tatsächlichen Knochenquerschnitten zu dem angenommenen kreisrunden Querschnitt im distalen Drittel der Ulna, erhielten wir immerhin noch einen Korrelationsfaktor von 0,996 und eine Standardabweichung von 5 %.

Geht man mit der Annahme eines runden Knochenquerschnittes über das distale Drittel hinaus, so erhöht sich der prozentuale Fehler auf $\pm 10 \%$.



Vipul'sault;

1952

Krokowski 1959

Rehlingbaum und Krokowski 1959

Belan;

Kershon-Cohen, Cherry und Bochnke 1958

Tha; Keane, Spiegler und Davis 1959

Land;

Steven 1947

Angström, Wegstedt und Welin 1948

daass 1951

Jackson 1951

Kershon-Cohen, Schraer und Blumberg 1957

Ratz und Birkenr 1956

Irtama 1957

Reich, Levin und Felton 1958

Crombhold und Schoknecht 1959

Donny;

Donny 1948/50

1958

Kathmann;

Mack, Brown und Trapp 1949

McFarland 1954

Schraer 1958

220--250 mg/ml

200--265 mg/ml

(chem.-analyt. und photom.)

Heuck und Schmitt

Zusammenfassung

Für Extremitätenknochen, insbesondere Radius und Ulna hat sich daher die Verwendung von radioaktiven Quellen als Strahler mit geringem Querschnitt (z.B. Jod¹²⁵, 27,5 keV, 60 Tage HWZ) und Szintillationszähler als Empfänger zur quantitativen Bestimmung des Mineralsalzgehaltes bewährt.

Das Meßprinzip beruht auf einer Schwächungsmessung monochromatischer Gammastrahlung. Durch Zwischenschaltung eines Logarithmieverstärkers werden die Meßwerte in Abhängigkeit des Vorschubs von einem nachgeschalteten XY-Schreiber fortlaufend als Absorptionskurve registriert.

Die so erhaltenen Kurven wurden planimetriert und somit das Gewicht des Längenelements und der Volumeneinheit bestimmt.

Die vorliegenden Untersuchungen beschäftigten sich mit der Überprüfung der Meßgenauigkeiten bei Anwendung der Isotopenmethode.

In Anlehnung an CAMERON wurden an excidierten Knochen die Absorptionsmessungen durchgeführt und die Werte mit dem Aschegehalt verglichen.

Für die Untersuchungen wurden von Weichteilen und Periost befreite excidierte Leichenknochen verwendet. Insgesamt wurden 3 Fibulae und eine Ulna für die Vergleichsuntersuchungen herangezogen.

Da durch einen technischen Fehler die Aschewerte einer Fibula für die Korrelationsbestimmungen nicht herangezogen werden konnten, standen insgesamt 2 Fibulae und eine Ulna für die Auswertung zur Verfügung. Die Messungen wurden an insgesamt 82 Stellen der Knochen vorgenommen.

Für die Absorptionsmessungen wurden die Meßstellen auf den Knochen markiert. Der Knochen wurde in einer Flexiglaswanne

befestigt und mit Wasser (als Ersatz für den Weichteileinfluß) bedeckt. Mit einem mechanischen Vorschub wurde der zu untersuchende Knochen unter der Strahlenquelle hindurch bewegt.

Für die chemisch-analytische Bestimmung wurde der Aschengehalt pro cm Knochenlänge durch Verglühen der organischen Bestandteile festgestellt. Zur Bestimmung des Aschengehaltes in der Volumeneinheit mußte der Knochenquerschnitt ebenfalls bestimmt werden.

Aus dem Untersuchungsobjekt wurden jeweils Knochenscheiben im Bereich der Meta- und Diaphyse entnommen. Der Knochen wurde dazu in einer Spannvorrichtung befestigt und 5 bis 6 mm dicke Knochenscheiben herausgesägt. Die einzelnen Knochenscheiben wurden entsprechend der Absorptionsmessungen numeriert und anschließend verascht.

Ein Herausbröckeln von einzelnen Spongiosateilchen beim Schneiden des Knochens konnte nicht immer vermieden werden und stellt eine Fehlermöglichkeit dar.

Bei der Korrelation zwischen dem Gewicht des veraschten Knochens und den durch Absorptionsmessung gewonnenen Werten mit der Angabe g/cm^3 konnten folgende Korrelationskoeffizienten ermittelt werden:

an der Fibula B ein Korrelationskoeffizient von 0,992 mit einer Standardabweichung von $\pm 3 \%$

an der Fibula C ein Korrelationskoeffizient von 0,986 mit einer Standardabweichung von $\pm 4 \%$

an der Ulna ein Korrelationskoeffizient von 0,999 mit einer Standardabweichung von nur $\pm 1,6 \%$.

Die Ergebnisse zeigen, daß eine sehr gute Korrelation zwischen den durch Absorptionsmessung ermittelten Werten und dem Aschengehalt des Knochens besteht, so daß das Meßverfahren für die Bestimmung des Mineralsalzgehaltes an peripheren Extremitätenknochen gut geeignet ist.

Literatur

- CAMERON, J.R.: Proceedings of Bone Measurement Conference.
May 22-23, 1970, Chicago, III. USAEC Div.of Techn.Information
- GEBHARDT, M., H.ZWICKER: Zur röntgenologischen Mineralequivalentbestimmung des Knochens.
Fortschr.Röntgenstr. 112, 798 (1970)
- HEUCK, F.: Die radiologische Erfassung des Mineralsalzgehaltes des Knochens.
Handb.d.Med.Radiologie, Bd.IV/1, S.106, Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1969
- HUYEK, E.: Die Mineralsubstanz des Knochens.
Klin.Wschr. 45, 857 (1970)
- MAZESS, R.B., J.R.CAMERON, R.O'CONNER, D.KNUTZEN:
Science 145, 388 (1964)
- MEISSNER, J.: Über die radiologischen Verfahren zur Bestimmung des Mineralsalzgehaltes im Knochen.
Der Radiologe 9, 129 (1969)
- MIKA, N., K.H.REISS: Die Abhängigkeit des Streustrahlenanteils von den Aufnahmebedingungen.
Dtsch.Röntgenkongr. 1967, 71
- SCHUSTER, W.: Die objektive Erfassung des Mineralgehaltes im kindlichen Skelet.
Der Radiologe, 11, 280 (1971)
- SCHUSTER, W., K.H.REISS, K.KRAMER: Quantitative Mineralsalzbestimmung am kindlichen Skelett.
Dtsch.med.Wschr. 94, 1983 (1969)
- VOSE, G.P.: Estimation of Changes in Bone Calcium Content by Radiographie Densitometry.
Radiology 93, 841 (1969)

Herrn Priv.Doiz. Dr. Werner Schuster
sage ich für die bereitwillige Ertei-
lung des Themas und für die freund-
liche Anleitung zur Durchführung der
Arbeit sowie für seinen entgegenkom-
menden und gern erteilten Rat meinen
herzlichen Dank.

Mein besonderer Dank gilt außerdem
Fräulein Ing. Schorn, die mir bei der
Durchführung meiner Versuchsreihen mit
ihrem Wissen hilfreich zur Seite stand.

L e b e n s l a u f

Am 25.8.1938 wurde ich in Coburg als Sohn des Zahnarztes Kurt Sieber und dessen Ehefrau Margarete, geb. Wohlleben, geboren.

Nach 5jährigem Volksschulbesuch ging ich in das Gymnasium Casimirianum in Coburg. Nach 3jähriger Schulzeit kam ich dann in das Landschulheim Neubeuern, welches ich 4 Jahre besuchte. Im Jahre 1957 wurde ich, bedingt durch die Krankheit meiner Mutter, von meinem Onkel in Halberstadt weiter-erzogen. Dort besuchte ich noch 3 Jahre das Gymnasium Dom- und Ratsschule, an dem ich 1959 mein Abitur ablegte.

Ich begann zunächst mit einem Sportstudium am Institut für Körpererziehung der Humboldtuniversität zu Berlin. Dort bekam ich nach 4 Semestern keinen Fakultätswechsel für das Studium der Zahnmedizin. Deshalb begann ich im Frühjahr 1961 als Student der medizinischen Fakultät mein Studium an der Freien Universität in Berlin. Durch die politischen Verhältnisse im Sommer 1961 war ich gezwungen, mein Studium an der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen fortzusetzen. Im Oktober 1966 legte ich meine zahnärztliche Vorprüfung ab. Bis zum Ende meines Studiums verblieb ich an der FA-Universität Erlangen. Im Frühjahr 1969 beendete ich dort das zahnmedizinische Staatsexamen.

Nachdem ich am 6.9.1969 meine Bestallung als Zahnarzt erhielt, bin ich nun in der väterlichen Praxis in Coburg als Zahnarzt tätig. Vom 1.1. bis 10.5.1971 wurde ich zu einer Wehrübung als Zahnarzt einberufen. Seit Oktober 1961 bin ich verheiratet. Ich habe einen 8jährigen Sohn und eine 4jährige Tochter.

